

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ
ВЕСОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ
ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ РЕФЛЕКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

Ю.О. Баданина, В.С. Башкарев, А.А. Дроздов

Научный руководитель: доцент, к.т.н. М.М. Михнев

АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва»,

Россия, 662972, г. Железногорск, Красноярского края, ул. Ленина, 52

E-mail: badaninayo@iss-reshetnev.ru

Постоянно растущая потребность в космических аппаратах (КА) спутников связи все актуальнее ставит проблему создания крупногабаритных трансформируемых рефлекторов (КТР), работающих на больших частотах. Появление на рынке КА, имеющих КТР, увеличивает конкурентоспособность космических систем связи, приводя к глобализации рынка информационных услуг, создавая рыночные преимущества тем странам, которые владеют необходимыми спутниковыми технологиями широкополосного мультимедийного вещания. Вследствие этого требуются радикальные меры по мобилизации ресурсов на данное направление космической деятельности. Разработка технологии производства и испытания КТР активно развивается на предприятии АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева [1].

Для решения задачи отработки и оценки параметров надёжности функционирования высокотехнологичных КТР и их составных частей, как в наземных условиях, так и на орбите в условиях невесомости требуется создание специализированного технологического оборудования - высокоточной активной автоматизированной многоканальной системы компенсации весовой составляющей (СКВС).

Проведенный анализ отечественных и зарубежных разработок показал, что наиболее эффективным решением реализации СКВС является интеллектуальная следящая система. Принцип работы СКВС реализуется следующим образом: интеллектуальная следящая система снимает весовые характеристики КТР посредством весоизмерительных ячеек, по которым блок управления формирует алгоритм работы для раскрытия КТР. В систему управления записываются: траектория движения каретки, показания весоизмерительной ячейки в процессе раскрытия, показания датчика угла, поддерживающего вертикальное положение гибкой связи по всей траектории раскрытия спиц антенны, поскольку необходимо исключить влияние нештатных нагрузжений шарнирных узлов КТР боковыми усилиями. Измеренные динамические данные впоследствии используются для составления программы управления раскрытия КТР КА в условиях невесомости на орбите [2].

Для примера приведена упрощенная блок-схема компоновки модуля СКВС с одной кареткой, представленная на рисунке 1. Применение активной СКВС, значительно увеличивает быстродействие системы, ее чувствительность и точность, а также позволяет применять СКВС при больших габаритах обвешиваемой конструкции и выполнять одновременное перемещение нескольких точек приложения усилия относительно друг друга.

В разработанной системе СКВС применено каскадное регулирование, где внешний контур регулирования – это регулирование натяжения троса, а внутренний – регулирование угла наклона троса. Причем регулятор внутреннего контура оказывает влияние на регулятор внешнего контура по выходному сигналу с его интегральной составляющей, обеспечивая тем самым безударность включения внешнего регулятора в момент вхождения вспомогательного параметра угла наклона троса в зону нечувствительности и точную настройку управляющего воздействия на значение нагрузки объекта.

Математическую модель ПИД – регулятора перемещения каретки имеет вид:

$$M_n(t) = K_p \cdot (\alpha_{dy} - \tau) + K_i \cdot \int_0^{\tau} (\alpha_{dy} - \tau) dt + K_d \frac{d(\alpha_{dy} - \tau)}{dt},$$

где $M_n(t)$ – функция управления намотки троса; K_p – пропорциональный коэффициент; K_i – интегральный коэффициент; K_d – дифференциальный коэффициент; α_{dy} – значение угла, измеренное датчиком угла; τ – гистерезис.

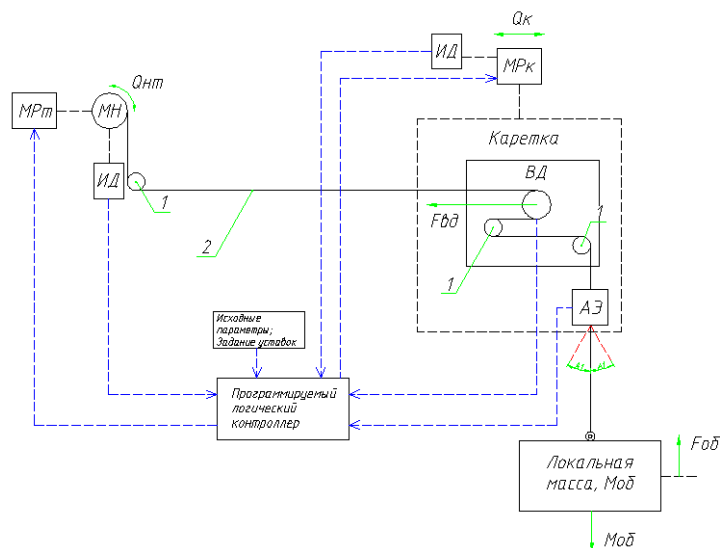


Рис 1. Блок схема компоновки модуля СКВС с одной кареткой
(1-ролик; 2-трос; МРТ – мотор – редуктор троса; МРК – мотор – редуктор каретки; МН – механизм намотки троса; ВД – весовой датчик; ИД- инкрементный датчик; АЭ – абсолютный энкодер)

Параметрическое уравнение основного контура регулирования имеет вид:

$$P_T(t) = M_n(t) + K_i \cdot \int_0^{\tau} (\alpha_{dy} - \tau) dt$$

Выполнена программная реализация на основе приведенных расчетов, позволяющая решать все указанные задачи и осуществлять информационную и программно-инструментальную поддержку подготовки и проведения испытаний КТР с использованием СКВС. Такое техническое решение обеспечивает тестирование физических характеристик КТР и методов анализа логики ее функционирования при постоянном контроле.

Разработанное программное обеспечение внедрено в программно-аппаратный комплекс, предназначенный для выполнения испытаний КТР с использованием СКВС. Внедрение и освоение систем подобного рода обеспечивают соответствие современному мировому уровню технологии проведения НЭО КТР, что способствует повышению конкурентоспособности отечественных КТР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суайнерд Г., Старк Д. Разработка систем космических аппаратов: пер. с англ. / под ред. П. Фортезью, М.: Альпина Паблишер, 2015. 765 с.
2. Пат. 233970 С2 G61M19/00 B64П7/00. Дроздов А.А., Агашкин С.В., Михнев М.М., Ушаков А.Р. Устройство имитации невесомости механизмов с гибкой конструкцией элементов. RU, 27.09.2008.